

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-004048

(43)Date of publication of application : 09.01.2002

(51)Int.Cl. C23C 16/18
H01L 21/285
H01L 21/3205

(21)Application number : 2000-185161 (71)Applicant : EBARA CORP

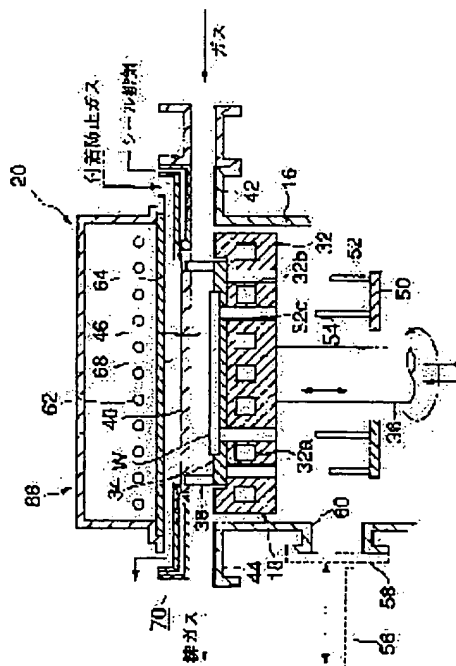
(22)Date of filing : 20.06.2000 (72)Inventor : HORIE KUNIAKI
ARAKI YUJI

(54) METHOD AND SYSTEM FOR FILM DEPOSITION

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a method and a system for film deposition, by which a film deposition material, such as copper, can be uniformly deposited on the surface of a wafer without causing agglomeration on the surface of the wafer.

SOLUTION: The system has: a wafer pedestal part 18 for holding the wafer W while cooling it in a treatment chamber 16; a source gas passage 46 for allowing vapor-phase organometallic compound source gas to flow along the surface of the wafer W held by the wafer pedestal part 18; and an activation section 66 which is arranged in a manner to face the wafer W held by the wafer pedestal part 18 and where the organometallic compound source gas is subjected to radiational heating or activated by ultraviolet rays so that the organometallic compound source gas can be activated or its thermal decomposition can be accelerated in the vapor phase or on the outermost surface of the wafer.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

BEST AVAILABLE COPY

(19)日本国特許庁 (J P)

(12)公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2002-4048

(P 2 0 0 2 - 4 0 4 8 A)

(43)公開日 平成14年1月9日(2002.1.9)

(51)Int. Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード (参考)
C23C 16/18		C23C 16/18	4K030
H01L 21/285		H01L 21/285	C 4M104
	301		Z 5F033
21/3205		21/88	R

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全10頁)

(21)出願番号 特願2000-185161(P 2000-185161)

(22)出願日 平成12年6月20日(2000.6.20)

(71)出願人 000000239

株式会社荏原製作所

東京都大田区羽田旭町11番1号

(72)発明者 堀江 邦明

東京都大田区羽田旭町11番1号 株式会社

荏原製作所内

(72)発明者 荒木 裕二

東京都大田区羽田旭町11番1号 株式会社

荏原製作所内

(74)代理人 100091498

弁理士 渡邊 勇 (外1名)

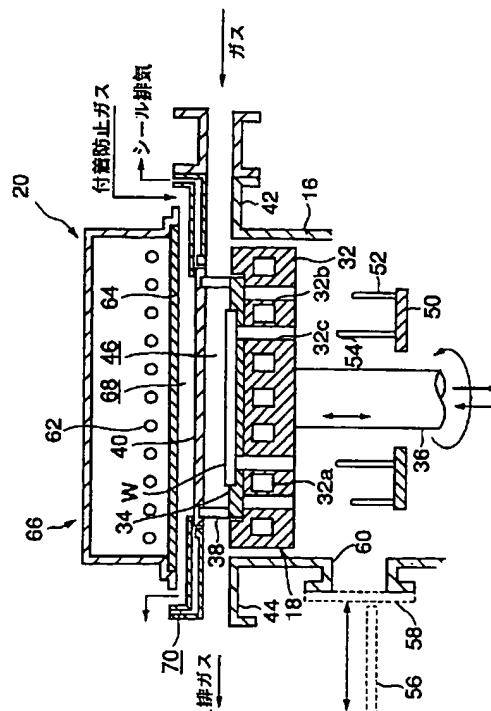
最終頁に続く

(54)【発明の名称】成膜方法及び装置

(57)【要約】

【課題】 銅等の成膜材料を基板の表面で凝集することなく、基板表面に均一に析出させるようにした成膜方法及び装置を提供する。

【解決手段】 処理室16内で基板Wを冷却しながら保持する基板台座部18と、基板台座部18で保持した基板Wの表面に沿って気相の有機金属化合物原料ガスを流す原料ガス流路46と、基板台座部18で保持した基板Wに対面するように配置され、有機金属化合物原料ガスが気相中または基板の最表面で活性化するか、或いは熱分解を促進するよう該有機金属化合物原料ガスを輻射加熱するか、或いは紫外線により活性化させる活性化部66とを有する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 銅の薄膜を形成するためのCVDのプロセスにおいて、

処理室内に搬入した基板を冷却しつつ、有機金属化合物原料ガスを気相中、送気中または基板最表面で活性化或いは熱分解して基板に付着させ銅の薄膜を基板表面に析出させることを特徴とする成膜方法。

【請求項2】 銅の薄膜を形成するためのCVDのプロセスにおいて、

有機金属化合物原料ガスを気相中、送気中または基板最表面で活性化或いは熱分解して処理室内に搬入した基板に付着させ銅の薄膜を基板表面に析出させることを特徴とする成膜方法。

【請求項3】 処理室内で基板を冷却しながら保持する基板台座部と、

該基板台座部で保持した基板の表面に沿って気相の有機金属化合物原料ガスを流す原料ガス流路と、

前記基板台座部で保持した基板に対面するように配置され、前記有機金属化合物原料ガスが気相中または基板最表面で活性化するか、或いは熱分解を促進するよう該有機金属化合物原料ガスを輻射加熱するか、或いは紫外線により活性化させる活性化部とを有することを特徴とする銅の薄膜を形成する成膜装置。

【請求項4】 処理室内で基板を冷却しながら保持する基板台座部と、

気相の有機金属化合物原料ガスを前記処理室内に導入する原料ガス導入路と、

前記処理室及び／または原料ガス導入路内に配置され前記有機金属化合物原料ガスが送気中に接触して活性化するか、或いは熱分解を促進するよう該有機金属化合物原料ガスを加熱する電熱線とを有することを特徴とする銅の薄膜を形成する成膜装置。

【請求項5】 処理室内で基板を保持する基板台座部と、

気相の有機金属化合物原料ガスを前記処理室内に導入する原料ガス導入路と、

有機金属化合物原料ガスを気相中、送気中または基板最表面で活性化或いは熱分解して処理室内に搬入した基板に付着させる活性化手段とを有することを特徴とする銅の薄膜を形成する成膜装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、化学気相成長による成膜方法及び装置に係り、特に半導体基板に形成された配線用の窪みに銅等の金属を充填する際の銅シード層等を形成するのに使用される成膜方法及び装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 半導体基板上に配線回路を形成するための材料としては、アルミニウムまたはアルミニウムを主

成分とした合金が一般に用いられているが、集積度の向上に伴い、より電気伝導度の高い材料を配線材料に採用することが要求されている。このため、基板にめっき処理を施して、基板に形成された配線パターンに銅またはその合金を充填する方法が提案されている。

【0003】 図10は、このような銅配線の作製例を工程順に示すもので、半導体基板Wには、図10(a)に示すように、Low-K材からなる絶縁膜1上に形成された配線1aの上にLow-K材からなる絶縁膜2が堆積され、リソグラフィ・エッチング技術によりコンタクトホール3が形成され、その上にTiN、Ta₂N₅等からなるバリア層5、更にその上に電解めっきの給電層としての銅シード層7がCVD（化学的蒸着）やスパッタリング等により形成される。

【0004】 そして、図10(b)に示すように、前記半導体基板Wの表面に銅めっきを施すことで、コンタクトホール3内に銅を充填させるとともに、絶縁膜2上に銅層6を堆積させる。その後、化学的機械的研磨(CMP)により、絶縁膜2上の銅層6を除去して、コンタクトホール3に充填させた銅層6の表面と絶縁膜2の表面とをほぼ同一平面にする。これにより、図10(c)に示すように銅層6からなる配線が形成される。同様の工程が、配線溝やコンタクトホールの場合やコンタクトホールと配線溝を同時に形成するデュアルダマシン構造でも採用されようとしている。

【0005】 図11は、このような銅シード層7の成膜を行う従来の一般的な気相成長装置の全体構成を示す図であり、液体原料を気化させる気化器（ガス発生装置）110の下流側に原料ガス搬送流路112を介して密閉可能な成膜室114が設けられ、さらにその下流側の排気流路118に真空ポンプ116が配置されている。成膜室114には、例えば酸素や水素等の添加ガス等を供給する添加ガス配管120が接続されている。

【0006】 このような構成により、基板Wを基板保持・加熱台124上に載置し、基板Wを所定温度に維持しつつガス噴射ヘッド128のノズル穴126から原料ガスと添加ガスとの混合ガスを基板Wに向けて噴射して、基板Wの表面に薄膜を成長させる。この場合、原料ガスを成膜室内の被成膜基板に向けて安定的に供給する必要がある。原料ガスは、Cu(hfac)lmvs等の液体原料を気化器で加熱して気化させることによって生成される。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、上記従来のように、基板を加熱しながら基板表面にCVDで銅を成膜する際、図12に示すように、銅自体が凝集し銅膜が部分的に薄くなったところが存在すると、めっき処理時にその部分が溶解してしまい、その2次側へのめっき電流の供給が不十分あるいは不可能となつて、最終的に埋込み部分に空洞などのめっき欠陥を生じることがあるといった問題があった。これは、純度の高いCu自体

が100℃以上の高温では成膜初期時の核成長の時に凝集してしまうという性質を持つために生じる問題である。即ち、CVDの場合、基板加熱による成膜ガスの基板の表面での反応により成膜を促進させるため、基板の加熱が必須となり、銅が凝集するためであると考えられる。

【0008】なお、スパッタリングで銅を成膜する場合は、スパッタされた銅粒子が基板に衝突して、物理的に銅が基板に結合するため、基板を加熱して成膜を促進させる必要はない。そのため、基板を冷却することで銅の凝集を抑えることができる。しかし上記の様に、銅をCVDで成膜する場合には、基板を冷却すると反応が生じなくなって成膜不能となってしまうので、銅の凝集に対する対策が困難であった。

【0009】また、上記のように、純粋な銅は加熱状態で成膜すると凝集するという特性を有しているため、銅のCVDで凝集が問題とならない場合は、成膜中に銅の中に不純物が混入し、それが凝集を防ぐ役割を果たしている場合が多いと考えられる。従って、これでは銅の電気特性の劣化の原因となっており、本質的な解決策とはなっていない。

【0010】本発明は上記事情に鑑みて為されたもので、銅等の成膜材料を基板の表面で凝集することなく、基板表面に均一に析出させるようにした成膜方法及び装置を提供することを目的とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】請求項1に記載の発明は、銅の薄膜を形成するためのCVDのプロセスにおいて、処理室内に搬入した基板を冷却しつつ、有機金属化合物原料ガスを気相中、送気中または基板最表面で活性化或いは熱分解して基板に付着させ銅の薄膜を基板表面に析出させることを特徴とする成膜方法である。

【0012】これにより、例えば原料ガスの供給速度が小さかったり、原料ガスの供給速度は成膜には十分であるが、あまり活性化されておらず、従って、核の発生速度が遅い場合であっても、基板を、例えば100℃以下程度に冷却して保持することで、銅が基板表面に析出して成長する際に核が移動して凝集してしまうことを防止することができる。

【0013】請求項2に記載の発明は、銅の薄膜を形成するためのCVDのプロセスにおいて、有機金属化合物原料ガスを気相中、送気中または基板最表面で活性化或いは熱分解して処理室内に搬入した基板に付着させ銅の薄膜を基板表面に析出させることを特徴とする成膜方法である。

【0014】これにより、例えば原料ガスの供給速度が十分速く、原料ガスが十分に活性化されている場合、つまり核の発生速度が十分速い場合に、銅が基板表面で直ちに成膜することで、核が移動するよりも速く成膜することが可能となり、凝集を伴うことなく、凹凸のない均

一な銅皮膜を得ることができる。

【0015】請求項3に記載の発明は、処理室内で基板を冷却しながら保持する基板台座部と、該基板台座部で保持した基板の表面に沿って気相の有機金属化合物原料ガスを流す原料ガス流路と、前記基板台座部で保持した基板に対面するように配置され、前記有機金属化合物原料ガスが気相中または基板最表面で活性化するか、或いは熱分解を促進するよう該有機金属化合物原料ガスを輻射加熱するか、或いは紫外線により活性化させる活性化部とを有することを特徴とする銅の薄膜を形成する成膜装置である。

【0016】これにより、例えば有機金属化合物原料ガスとして、1価の銅原料であるCu(hfac)tmvsや2価の銅原料であるCu(hfac)₂を使用して銅を成膜する場合に、銅の原料ガスを、例えば140℃以上になるように輻射加熱して気相中或いは基板Wの最表面で予め活性化（原料分子の分子振動を激しくする）しておくことで、例えば100℃以下程度に冷却された基板であっても、銅が基板表面に到達した時点で直ちに成膜反応を起こすことが可能となる。従って、基板上で核の発生ポイントの数も十分に増加した成膜が可能となり、そのことにより、基板表面のいたる所から成膜が進行していくので、凹凸のない薄い成膜が可能となり、凝集を起こすことなく均一に成膜することができることになる。しかも、基板の最表面を輻射加熱しながら成膜することで、銅自体をアニールしながら成膜することになり、精度の良い銅皮膜を得ることができる。なお、ここで、原料ガスが140℃以上となるとは、原料ガスが140℃の分子振動を行っている状態になっていることをいう。

【0017】請求項4に記載の発明は、処理室内で基板を冷却しながら保持する基板台座部と、気相の有機金属化合物原料ガスを前記処理室内に導入する原料ガス導入路と、前記処理室及び／または原料ガス導入路内に配置され前記有機金属化合物原料ガスが送気中に接触して活性化するか、或いは熱分解を促進するよう該有機金属化合物原料ガスを加熱する電熱線とを有することを特徴とする銅の薄膜を形成する成膜装置である。

【0018】これにより、例えば有機金属化合物原料ガスとして、1価の銅原料であるCu(hfac)tmvsや2価の銅原料であるCu(hfac)₂を使用して銅を成膜する場合に、例えば200℃以上に加熱した電熱線（ホットワイヤ）を使用し該電熱線に原料ガスを接触させて活性化（原料分子の分子振動を激しくする）しておくことで、例えば100℃以下程度に冷却された基板であっても、銅が基板表面に到達した時点で直ちに成膜反応を起こすことが可能となる。

【0019】ただし、Cu(hfac)₂やCu(hfac)tmvsは、200℃で活性化のみならず熱分解を起こすことも可能だが、熱分解すると、電熱線にCuが付着してしまう問題が生じる。そこで、電熱線の温度を1800℃

程度まで加熱すれば、5 Torr以下の成膜圧力であればCuは蒸気として揮発するので、付着の問題もなくしかも原料ガスの分解を瞬時にすることもできる。

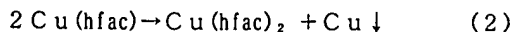
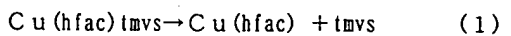
【0020】請求項5に記載の発明は、処理室内で基板を保持する基板台座部と、気相の有機金属化合物原料ガスを前記処理室内に導入する原料ガス導入路と、有機金属化合物原料ガスを気相中、送気中または基板最表面で活性化或いは熱分解して処理室内に搬入した基板に付着させる活性化手段とを有することを特徴とする銅の薄膜を形成する成膜装置である。

【0021】これにより、例えば原料ガスの供給速度が十分大きく、且つ原料ガスが十分に活性化されている場合、つまり核の発生速度が速い場合に、原料ガスが基板に到達した時点で直ちに成膜して、成膜初期時に核の発生ポイントの非常に多い成膜を行うことが可能となる。従って、核の移動や凝集を伴うことなく、凹凸のない均一な銅皮膜を得ることができる。

【0022】

【発明の実施の形態】以下、図1乃至図9を参照して、本発明の実施の形態を説明する。図1は、例えば、還元ガス雰囲気、銅配線用の銅シード層7(図10参照)を基板Wの表面に成長させる気相成長装置の全体構成を示すもので、これは、例えば、1価の銅原料であるCu(hfac(ヘキサフルオロアセチルアセトン))tmvs(トリメチルビニシラン)、tmvs(5%)及びH(hfac)を混合した液体原料10を貯蔵する容器12と、液体原料10を、例えば50~70℃に加熱し気化させて原料ガスを生成する気化器14と、成膜室(処理室)16の内部に搬入して基板台座部18上に載置保持した基板Wの表面に銅を成膜する成膜装置20とを備えている。

【0023】これにより、例えばHe等で液面を加圧して液用流量調整器22から気化器14に液体原料10を送り、同時にHe、H₂またはAr等のキャリアガスをガス用流量調整器24から気化器14に送り、この気化器14で原料ガスを生成し、この原料ガスとH(hfac)、H₂、Ar、N₂、He等の添加ガスとを成膜室16の内部に送って、基板台座部18で保持した基板Wの表面に下記の反応式(1)及び(2)により銅を成膜するようになっている。



【0024】ここで、反応式(1)は、図2に示すCu(hfac)とtmvsとが繋がっている部分C、を切る吸熱反応であり、あまり大きなエネルギーを必要とせず、一般的にも気相で反応させるのが良いと言われている。反応式(2)は、銅元素と酸素元素とが繋がっている部分C₂を切る反応である。

【0025】なお、成膜後のhfacやtmvsを含む排ガス及び原料ガスの一部は、トラップ26a、26bにより一部の成分がトラップされ、真空ポンプ28を経て

除害装置30から外部に排気される。

【0026】図3乃至図5は、図1に示す気相成長装置に使用されている成膜装置20を示すもので、この成膜装置20の成膜室16内には、内部に冷媒流路32aを有し冷却部として機能する基板台32と該基板台32の上面に載置保持される基板ホルダ34とからなる基板台座部18が上下動及び回転自在な軸36の上端に固定されて配置されている。基板ホルダ34の上方は、例えば、透明な石英ガラス等からなり、下面に、例えば3本の支持ピン38を垂設したホルダカバー40で覆われるようになっている。この基板台32は、この内部の冷媒流路32aに冷媒を流すことで、基板ホルダ34上に載置した基板Wを、成膜中に、例えば100℃以下、-30℃程度まで冷却できる性能を有している。

【0027】ここで、図3は、基板台座部18が成膜位置にある時の状態を示しているが、この時に原料ガス供給口42から基板ホルダ34とホルダカバー40との間を流れて排ガス排出口44に繋がる基板ホルダ34に載置された基板Wの表面に沿った原料ガス流路46が形成され、これによって、成膜室16に原料ガス供給口42から導入された原料ガスが原料ガス流路46内を均一に流れて排ガス排出口44から排出されるようになっている。

【0028】この原料ガス流路46内には、図5に示すように、原料ガス供給口42の下流側に位置して原料ガス流路46の幅を拡大する整流板48aが、排ガス排出口44の上流側に位置して原料ガス流路46の幅を縮小する整流板48bがそれぞれ配置されている。

【0029】ここで、一般に気相成長における成膜速度は拡散律速の時、拡散速度に相関し、

$$\text{拡散速度} = D / \delta (P_b - P_s)$$

但し、D：拡散係数

δ：境界層厚さ

P_b：主流の処理ガス分圧

P_s：基板表面の処理ガス分圧

の関係がある。

【0030】上式によれば、境界層厚さδが薄くなると拡散速度(成膜速度)は速くなり、従って、流路幅Aを狭くすると主流の流速は速くなって境界層厚さδが小さくなる。しかしながら、流路幅Aを狭くするにも限界がある。即ち、装置の構造上の段差が問題となり流れに乱れが生じる時、基板中央と外周部とでの圧力差が大きくなり、あるいは変化が直線的でなくなり、基板を回転しても均一性が得られなくなる時などである。このような場合に、最適条件が得られるように流路幅Aは調整可能であることが好ましい。

【0031】基板台32の内部には、上下に貫通して該基板台32に保持した基板ホルダ34の下面で開口する第1貫通孔32bと、基板ホルダ34に設けられた貫通孔に連通する第2貫通孔32cがそれぞれ設けられてい

る。そして、基板台32の下方に支持台50が上下動自在に配置され、この支持台50の前記第1貫通孔32bに対向する位置に基板ホルダ突上げピン52が、第2貫通孔32cに対向する位置に前記基板ホルダ突上げピン52より長尺の基板突上げピン54がそれぞれ突設されている。

【0032】これにより、基板台32に対して支持台50が相対的に上昇した時、先ず基板突上げピン54が基板ホルダ34上に載置した基板Wの下面に当接してこれを持上げ、これにより、図4(a)に示すように、基板Wを基板ホルダ34から離隔した(浮いた)位置に保持することができ、支持台50が更に上昇した時、基板ホルダ突上げピン52が基板台32上に保持した基板ホルダ34と当接してこれをホルダカバー40と共に持上げるようになっている。

【0033】一方、成膜室16の下方には、ロボットハンド56を介して基板Wの搬出入、及び基板ホルダ34のホルダカバー40を伴った搬出入を行うゲートバルブ58を備えた搬出入口60が設けられている。そして、この搬出入口60に対向する位置で、基板ホルダ34上に載置した基板Wを基板突上げピン54で持ち上げた状態で該基板Wのロボットハンド56との受渡しを行い、また、図4(b)に示すように、基板台32上に保持した基板ホルダ34を基板ホルダ突上げピン52で持上げた状態で基板ホルダ34のホルダカバー40を伴ったロボットハンド56との受渡しを行うようになっている。基板ホルダ34及びホルダカバー40の搬出入は、別々に行うようにしても良い。

【0034】このように、成膜室16の外部にホルダカバー40等を搬出入できるようにすることで、原料ガスによる反応生成物がホルダカバー40の内周面に付着しても、洗浄により容易に除去したり、適時交換することを可能となし、これによって、常に基板の周囲を清浄な環境に維持したまま処理を継続できる。それ故、パーティクル汚染の少ない装置を提供でき、或いは装置全体のクリーニングサイクルを長くでき、装置の稼働率を高めることができる。

【0035】ホルダカバー40の上部には、赤外線ランプ或いはハロゲンランプ等の加熱源(光源または熱源)62を有し、透明な石英ガラス等のランプカバー64で前面を覆った活性化部としての輻射加熱部66が配置されている。この輻射加熱部(活性化部)66は、成膜中に原料ガス流路46を流れる原料ガスの温度が、例えば140℃、つまり原料ガスが140℃の分子振動を起こしている状態以上となるように該原料ガスを輻射加熱するためのもので、例えば100℃/秒程度の被照射物の温度上昇速度が得られるハロゲンヒータランプ等の、瞬時に高温まで昇温可能なものを利用すると基板の加熱時間を無視できるほど短くすることも可能となる。なお、この輻射加熱部の代わりに、紫外線を照射して原料ガス

を活性化させるようにしても良い。

【0036】そして、ホルダカバー40が上昇位置にある時に該ホルダカバー40とランプカバー64との間に、例えばN₂等の付着防止ガスを流すガス流路68が区画形成されるようになっており、更に、成膜室16の上部には、上昇位置にあるホルダカバー40の上面に沿ってシールガスを流すシールガス流路70が設けられている。

【0037】これにより、成膜室16内に原料ガスを流して成膜を行う際に、ガス流路68に付着防止ガスを、シールガス流路70を介してホルダカバー40の上面に沿ってシールガスをそれぞれ流すことで、原料ガスをシールガスでシールし、かつ洩れた原料ガスのランプカバー64等への付着を付着防止ガスで防止して、輻射加熱部66側を常に清浄に保つことができるようになっている。

【0038】次に、この実施の形態における銅の成膜動作について説明する。先ず、成膜室16内に搬入した基板Wを基板台座部18の基板ホルダ34で載置保持し、これを上昇させて、図3に示すように、基板ホルダ34に載置保持した基板Wに沿った原料ガス流路46を形成した状態で、気化器14で気化した原料ガスと添加ガスを成膜室16内に導入して原料ガス流路46に沿って流す。この時、原料ガスが基板Wに沿って平行に流れる場合に、一般的にガスの流れ方向に沿った成膜速度は均一とならず、膜厚にばらつきが生じる。このため、基板台32を回転させて、基板W上の膜厚分布を均一化することが好ましい。

【0039】この原料ガス流路46に沿って流れる原料ガスに、輻射加熱部66の輻射熱により、原料ガスの温度が、例えば140℃、つまり140℃の分子振動をしている状態以上となるように加熱して、原料ガスを気相中或いは基板Wの最表面で予め活性化(原料分子が分子振動を激しくする)しておく。一方、このように原料ガスを加熱すると、基板ホルダ34上に載置された基板Wも加熱されるが、基板台32の内部に設けた冷媒流路32aに冷媒を流すことで、基板ホルダ34に載置した基板を100℃以下程度に保持するように冷却する。

【0040】このように、原料ガスを予め活性化しておくことで、100℃以下程度に冷却された基板Wであっても、銅が基板表面に到達した時点で直ちに成膜反応を起こし基板上で核の発生ポイントの数が十分に増加した成膜が可能となる。つまり、例え原料ガスの供給速度が小さかったり、原料ガスが成膜には十分であるが、あまり活性化されていない場合、つまり核の発生速度が遅い場合であっても、図8(a)に示すように、核の移動やそれに伴い凝集を防止して、基板Wの表面における核Nの発生ポイント数が増加し、基板Wの表面のいたる所から成膜が進行していくので、凹凸のない薄い成膜が可能となり、凝集を起こすことなく均一に成膜することがで

きることになる。しかも、基板の最表面を輻射加熱しながら成膜することで、銅自体をアニールしながら成膜することになり、精度の良い銅皮膜を得ることができる。なお、図 8 (b) は、原料ガスを予め活性化させていない時の状態を示している。

【0041】つまり、前記反応式 (1) 及び (2) を気相中或いは基板 W の最表面で行わせることで、図 2 に示す銅原料 (有機金属化合物) の部分 C₁ 及び C₂ を切離して銅元素を生成する。この時、これらの部分 C₁ 及び C₂ 以外の場所での結合が切れると、膜中に不純物が混入しやすいので、この部分 C₁ 及び C₂ のみが切れる温度で加熱する必要があるが、図 2 に示す銅原料の結合におけるボンドストレンスは、部分 C₁ 及び C₂ が他と較べて弱いと推定されるので、他の結合が切れずに、部分 C₁ 及び C₂ の結合のみが切れる温度で成膜すれば、銅のみが成膜されて、hfac や tms は成膜中に入らずに排気されて、不純物の少ない銅の成膜が可能となる。

【0042】同時に、ガス流路 6 8 に付着防止ガスを、シールガス流路 7 0 を介してホルダカバー 4 0 の上面に沿ってシールガスをそれぞれ流すことで、原料ガスをシールガスでシールし、かつ洩れた原料ガスのランプカバー 6 4 等への付着を付着防止ガスで防止する。

【0043】なお、原料ガスの殆どはホルダカバー 4 0 と基板ホルダ 3 4 との間の空間に流れ、成膜成分等の付着物はその大部分が、基板 W の表面、基板ホルダ 3 4 の上面及びホルダカバー 4 0 の下面に付着するが、ホルダカバー 4 0 及び基板ホルダ 3 4 は外部に搬出入することで、その洗浄が容易であり、定期的に洗浄を行うことで常にパーティクル汚染を防止することができる程度の清浄さを保つことができる。

【0044】そして、例えばアニール処理を行う場合等に、必要に応じて、図 4 (a) に示すように、基板 W を基板台座部 1 8 から浮いた状態とすることで、基板 W を急速に加熱する。そして、成膜を終了した基板をロボットハンド 5 6 で外部に搬出する。

【0045】なお、この例は、内部に冷媒流路 3 2 a を有し冷却部として機能する基板台 3 2 を備え、この基板台 3 2 を介して基板ホルダ 3 4 上に載置保持した基板 W を冷却するようにした例を示しているが、基板を冷却しないようにしても良い。

【0046】つまり、例えば原料ガスの供給速度が十分大きく、且つ原料ガスが十分に活性化されている場合、即ち核の発生速度が速い場合には、原料ガスが基板に到達した時点で直ちに成膜して、成膜初期時に核の発生ポイントの非常に多い成膜を行うことが可能となり、これによって、凹凸のない均一な銅皮膜を得ることができる。つまり、このような場合には、核の移動やそれに伴う銅の凝集という問題がないので、基板を冷却する必要がなくなる。このことは、以下の各実施の形態にあっても同様である。

【0047】図 6 は、成膜装置の第 2 の実施の形態を示すもので、これは、原料ガス供給口 4 2 に原料ガス導入路を構成する連結管 7 2 に設置し、この連結管 (原料ガス導入路) 7 2 の内部に、この連結管 7 2 の内部を流れる原料ガスを接触させることで送気中に活性化させるか、或いは熱分解を促進させる、例えば 200℃以上に加熱する電熱線 (ホットワイヤ) 7 4 を配置し、更に、基板台座部 1 8 が図 6 に示す成膜位置にある時に、原料ガス供給口 4 2 から基板ホルダ 3 4 と成膜室 1 6 の天板 1 6 a との間を流れて排ガス排出口 4 4 に繋がる基板ホルダ 3 4 に載置された基板 W の表面に沿った原料ガス流路 4 6 が形成されるようにしたものである。その他の構成は、前記第 1 の実施の形態とほぼ同様である。

【0048】ここで、前記 Cu の例のように還元性のガスを使用するプロセスでは、電熱線には、一般的に、タングステンやタンタル線等が用いられる。しかしながら、酸化性のプロセスガスを使用するプロセスの場合には電熱線が酸化され、劣化してしまうので、酸化物の電熱線、または高温の酸化性雰囲気でも表面が酸化されない金属の電熱線、例えば金、白金、銀、レニウム、モリブデン、炭化珪素、またはタングステン、あるいはタンタル等の金属線をこれらで被覆したものを使用する必要がある。これにより、酸化性あるいは腐食性のガス雰囲気下においても、これらの電熱線が酸化されず触媒としての機能を果たすことができると考えられる。

【0049】つまり、金は、融点が 1063℃であり、比較的融点が低いので低温での使用が可能である。また、酸化性のガスに限らずハロゲン性のガスにも耐性を有し、殆どの処理ガスに対して高温で安定に使用できる。白金は、金と同様に耐腐食性を有し、且つ融点が 1769℃と比較的高いので更に高温用のプロセスに使用可能である。また、酸化タングstenは、タングstenの氧化物であるが、タングsten自体は通常 400℃以上で氧化物を形成してしまうが、予め稠密に酸化させておくことで、800~900℃でも殆どそれ以上酸化が進行することなく使用することができる。WO₂、WO₃、程度程度の酸化の度合いが好適であり、WO₃まで予め酸化すると、耐熱性は更に向上するが脆くなり使用し難くなる。炭化珪素 (SiC) はそれ自体が発熱体となるセラミックスであり、耐熱性も高く不純物も殆ど発生しない。但し、非常に高温になるとカーボンが微量に酸化して CO₂ を発生して劣化してしまうという問題点があると考えられる。

【0050】また、電熱線をガラスまたはセラミックス等の非反応性の材料で被覆することも非還元性雰囲気での使用に有効である。被覆の方法としては、電熱線の素線自体にコーティングする方法が考えられる。これは素線とコーティング材の熱膨張率が相違すると両者は使用時に剥離してしまうが、ほぼ同じ値であればこのような問題を生ぜず、処理ガスを高温の被覆材に発熱材の負荷

の小さな状態で接触させ、これにより発熱材の酸化を防止することができる。

【0051】この実施の形態は、電熱線 74 を、例えば 200℃以上に加熱し、連結管 72 内を流れる原料ガスをこの加熱した電熱線に接触させることで活性化するか、或いは熱分解を促進しておく。一方、このように原料ガスを加熱すると、この原料ガスが原料ガス流路 46 に沿って流れる際に基板ホルダ 34 上に載置された基板 W も加熱されるが、基板台 32 の内部に設けた冷媒流路 32a に冷媒を流すことで、基板台 32 を基板ホルダ 34 上に載置した基板を 100℃以下程度に保持するように冷却する。これにより、100℃以下程度に冷却された基板 W であっても、銅が基板表面に到達した時点で直ちに成膜反応を起こし基板上で核の発生ポイントの数が十分に増加した成膜が可能となる。

【0052】ただし、Cu(hfac)₂ や Cu(hfac) tms は、200℃で活性化のみならず熱分解を起こすことも可能だが、熱分解すると、電熱線に Cu が付着してしまう問題が生じる。そこで、電熱線の温度を 1800℃程度まで加熱すれば、5 Torr 以下の成膜圧力であれば Cu は蒸気として揮発するので、付着の問題もなくしかも原料ガスの分解を瞬時に行うこともできる。

【0053】なお、前記実施の形態にあつては、成膜原料として 1 価の銅原料である Cu(hfac) tms を使用した例を示しているが、銅との結合形態が同一の 2 価の銅原料である Cu(hfac)₂ を使用しても良い。このように Cu(hfac)₂ を使用すると、熱分解温度を単一化させて、成膜パラメータを絞り易くすることができるというメリットがある。また、電熱線を使ったプロセスでは、電熱線にタングステンを使用すると、Cu(hfac) tms の原料では、tms 中の Si が電熱線の温度が 1600℃以下程度でタングステンをシリサイド化してしまうので、このような場合には、Cu(hfac)₂ を使用した方が良い。

【0054】図 7 は、成膜装置の第 3 の実施の形態を示すもので、これは、第 1 の実施の形態と第 2 の実施の形態とを組合せ、第 1 の実施の形態における原料ガス導入路を構成する連結管 72 の内部に、この連結管 72 の内部を流れる原料ガスを接触させることで送気中に活性化させるか、或いは熱分解を促進させる、例えば 200℃以上に加熱する電熱線（ホットワイヤ）74 を配置したものである。これにより、原料ガスを十分に活性化して核の発生速度を高めることができる。

【0055】図 8 は、成膜装置の第 4 の実施の形態を示すもので、これは、成膜室 16 の上部にこの内部に原料ガスを導入する原料ガス導入路としてのガス噴射ヘッド 80 を設置し、成膜室 16 内のガス噴射ヘッド 80 と基板台座部 18 との間に電熱線（ホットワイヤ）82 を配置したものである。この基板台座部 18 の構成は、前記各実施の形態と同様である。

【0056】この実施の形態によれば、原料ガスは、ガス噴射ヘッド 80 から噴射されて基板台座部 18 の基板ホルダ 34 上に載置保持された基板 W に達するが、この送気中に、例えば 200℃に加熱された電熱線で加熱されて活性化するか、或いは熱分解が促進される。

【0057】

【発明の効果】以上説明したように、この発明によれば、成膜材料としての銅を基板の表面で凝集することなく、基板表面に均一に析出させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】本発明の実施の形態の成膜装置をを備えた気相成長装置の全体構成を示す図である。

【図 2】図 1 に示す気相成長装置に使用される原料ガスの一例（銅原料）を示す分子構造図である。

【図 3】図 1 に使用されている成膜装置の概略を示す断面図である。

【図 4】図 3 の成膜装置において、(a) は基板を基板台座部から持上げた状態を示す図で、(b) は基板ホルダをホルダカバーと共にロボットハンドにより搬出入する状態を示す図である。

【図 5】図 3 の成膜装置における原料ガス流路を示す図である。

【図 6】本発明の第 2 の実施の形態の成膜装置の概略を示す断面図である。

【図 7】本発明の第 3 の実施の形態の成膜装置の概略を示す断面図である。

【図 8】本発明の第 4 の実施の形態の成膜装置の概略を示す断面図である。

【図 9】核発生ポイントの多少とめっき膜の膜厚の均一性との関係の説明に付する図である。

【図 10】基板の表面に銅配線を形成する例を工程順に示す図である。

【図 11】従来の気相成長装置の全体構成を示す図である。

【図 12】従来の方法で銅を成膜して銅シード層を形成した時の問題点の説明に付する断面図である。

【符号の説明】

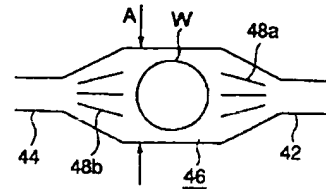
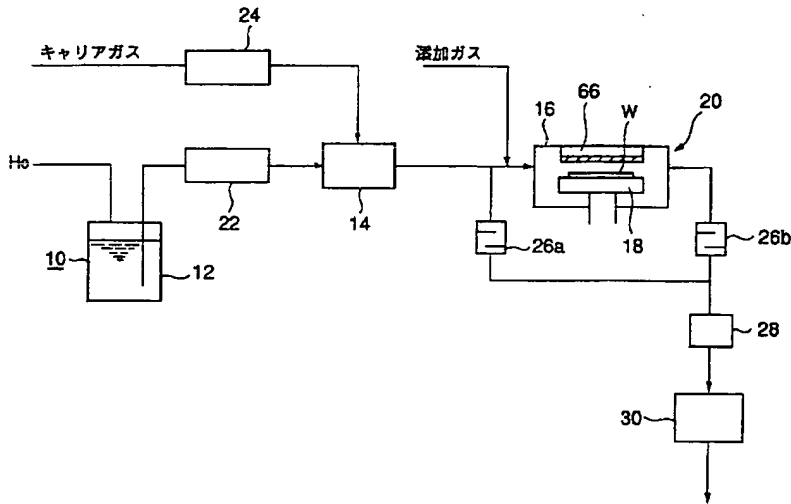
- 10 液体原料
- 14 気化器
- 16 成膜室（処理室）
- 18 基板台座部
- 20 成膜装置
- 32 基板台（冷却部）
- 32a 冷媒流路
- 34 基板ホルダ
- 38 支持ピン
- 40 ホルダカバー
- 42 原料ガス供給口
- 44 排ガス排出口
- 46 原料ガス流路

48a, 48b 整流板
50 支持台
62 加熱源
64 ランプカバー
66 輻射加熱部 (活性化部)

68 ガス流路
70 シールガス流路
72 連結管 (原料ガス導入路)
80 ガス噴射ヘッド (原料ガス導入路)
74, 82 電熱線

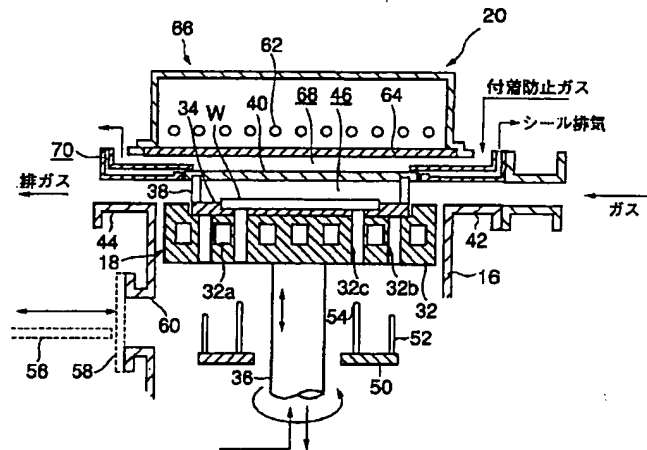
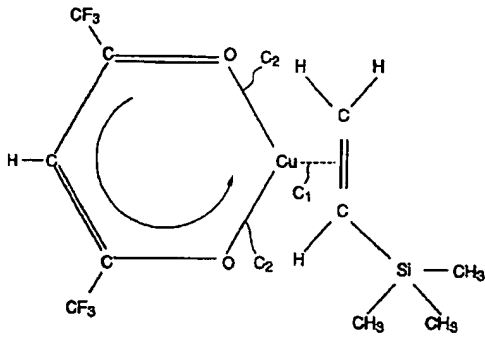
【図 1】

【図 5】



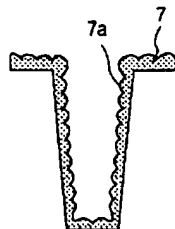
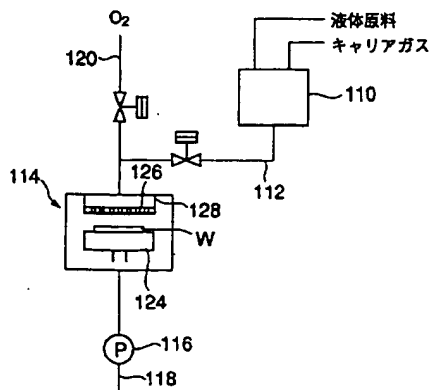
【図 2】

【図 3】

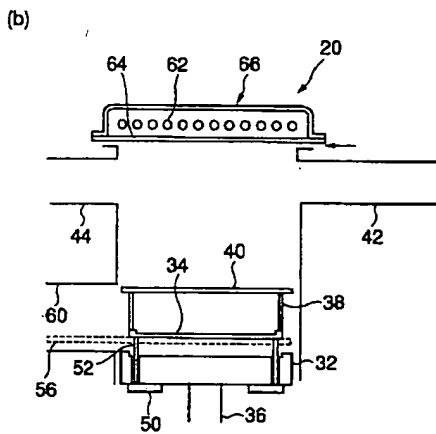
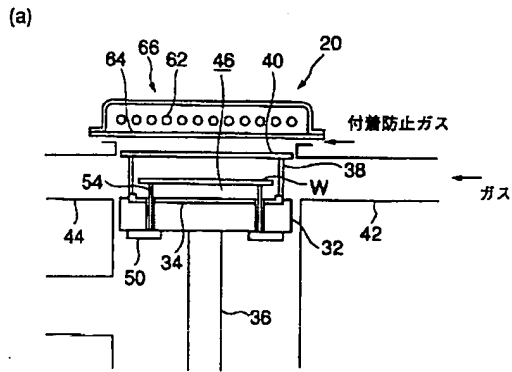


【図 11】

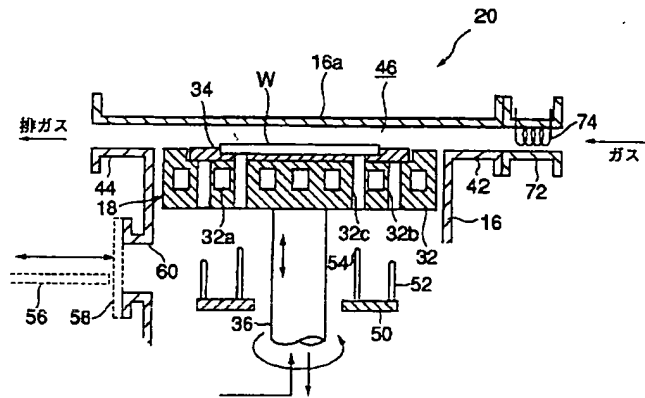
【図 12】



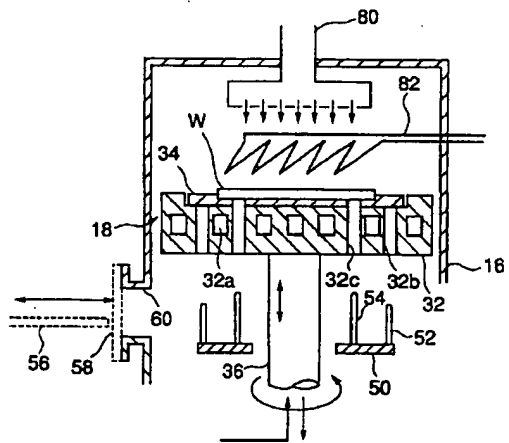
【図 4】



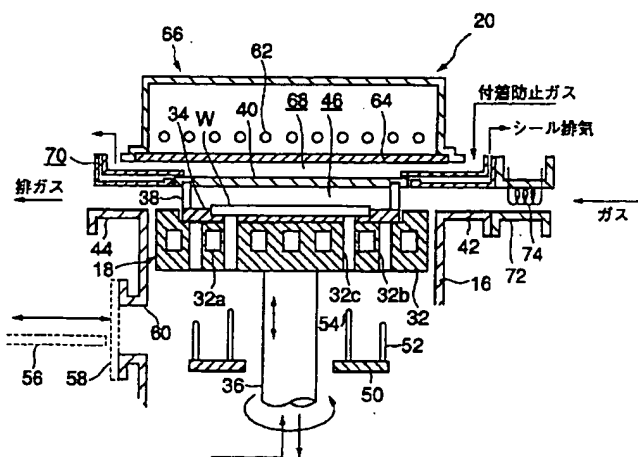
【図 6】



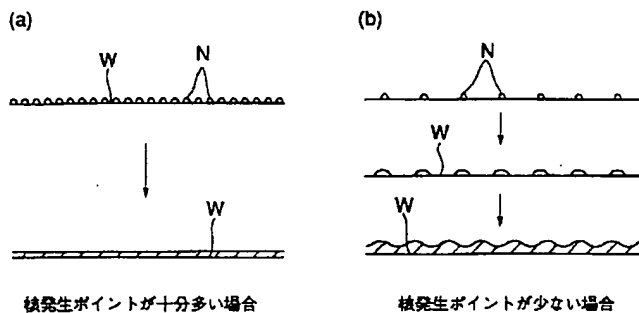
【図 8】



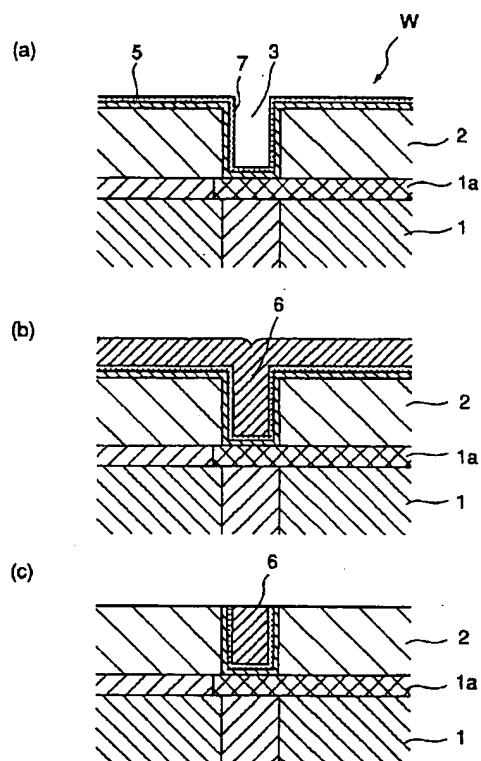
【図 7】



【図 9】



【図 10】



フロントページの続き

Fターム(参考) 4K030 AA11 BA01 CA04 FA08 FA10
 KA25 KA26 LA15
 4M104 BB04 DD44 DD45 HH13
 5F033 HH11 HH32 HH33 JJ11 JJ32
 JJ33 MM12 MM13 NN06 NN07
 PP02 PP09 PP27 XX02

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.